

# Dinâmica Sazonal do Fitoplâncton do Parque Estadual do Charapucu (Afuá, Arquipélago do Marajó, Pará, Brasil)

Eliane Brabo Sousa<sup>1</sup>, Aline Lemos Gomes<sup>2</sup>, Celly Jenniffer da Silva Cunha<sup>3</sup>, Kelson do Carmo Freitas Faial<sup>4</sup>,  
Vanessa Bandeira da Costa<sup>1</sup>

1. Bióloga, Universidade Federal do Pará. Mestre em Biologia Ambiental, Universidade Federal do Pará. Pesquisadora em Saúde Pública, Instituto Evandro Chagas, Brasil. E-mail: elianebrabos@hotmail.com

2. Bióloga, Universidade Federal do Pará. Mestre em Ecologia Aquática e Pesca, Universidade Federal do Pará. Pesquisadora, Instituto Evandro Chagas, Brasil. E-mail: alinelemos@iec.pa.gov.br

3. Oceanógrafa, Universidade Federal do Pará. Mestre em Ecologia Aquática e Pesca, Universidade Federal do Pará. Pesquisadora Colaboradora, Instituto Evandro Chagas, Brasil. E-mail: cellycunha@iec.pa.gov.br

4. Químico, Universidade Federal do Pará. Mestre em Química Analítica, Universidade Federal do Pará. Pesquisador, Instituto Evandro Chagas, Brasil. E-mail: kelsonfaial@iec.pa.gov.br

5. Bióloga, Universidade Federal do Pará. Mestre em Biologia Ambiental, Universidade Federal do Pará. Doutoranda em Ecologia Aquática e Pesca, Universidade Federal do Pará. Pesquisadora Assistente em Saúde Pública, Instituto Evandro Chagas, Brasil. E-mail: vanessacosta@iec.pa.gov.br

**RESUMO:** Este trabalho foi realizado no Parque Estadual do Charapucu, sendo pioneiro para o arquipélago do Marajó e teve como objetivo conhecer a diversidade do fitoplâncton correlacionada com os fatores físico-químicos da água dos rios que margeiam e cortam este Parque. Para o estudo das variáveis físico-químicas, quali-quantitativo do fitoplâncton e para determinação da clorofila-a foram coletadas amostras nos meses de maio e outubro de 2013, representando os períodos de maior (mês chuvoso) e menor (mês seco) precipitação pluviométrica, respectivamente. Foram identificadas 164 espécies com o predomínio da classe Zygnematomyxaceae em riqueza. Os táxons *Aulacoseira granulata*, *Aulacoseira* spp., *Coscinodiscus* sp., *Cryptomonas ovata*, *Eudorina elegans*, *Eunotia* spp., *Eunotia pectinalis*, *Mougeotia* sp., *Paralia sulcata*, *Pseudanabaena* spp., *Pseudanabaena mucicola*, *Surirella* spp., *Thalassionema nitzschioides* e *Ulothrix* spp. se destacaram em termos de frequência e abundância. A maioria das variáveis físico-químicas e biológicas apresentou variação ao longo do estudo sendo reguladas por flutuações de precipitação pluviométrica e pelas características típicas das águas brancas e pretas. A densidade foi mais elevada durante o período seco em águas brancas e a clorofila-a variou apenas sazonalmente, sendo os maiores valores registrados no mês seco. As correlações mostraram que a dinâmica da comunidade fitoplanctônica foi influenciada principalmente pelas variáveis temperatura, pH, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, potencial de oxi-redução, nitrato, fósforo total e clorofila-a.

**Palavras-chave:** Diversidade, Plâncton, Zygnematomyxaceae, Amazônia.

## Seasonal Dynamics the Phytoplankton from Charapucu State Park (Afuá, Archipelago of Marajó, Para, Brazil)

**ABSTRACT:** This work was conducted in the Charapucu State Park, a pioneer to the archipelago of Marajó and aimed to understand the diversity of phytoplankton correlated with physical-chemical factors of the water of the rivers that border and cut this park. To study the physical and chemical variables, qualitative and quantitative phytoplankton and determination of chlorophyll-a samples were collected in May and October 2013, representing the periods of highest (rainy month) and lower (dry month) rainfall. 164 species were identified, with the predominance of Zygnematomyxaceae class in richness. The taxa *Aulacoseira granulata*, *Aulacoseira* spp., *Coscinodiscus* sp., *Cryptomonas ovata*, *Eudorina elegans*, *Eunotia* spp., *Eunotia pectinalis*, *Mougeotia* sp., *Paralia sulcata*, *Pseudanabaena* spp., *Pseudanabaena mucicola*, *Surirella* spp., *Thalassionema nitzschioides* and *Ulothrix* spp. were the most frequent and abundant. Most physical and biological variables showed variation throughout the study period being regulated by rainfall fluctuations and the typical characteristics of white and black waters. The density was significantly higher during the dry season and in white waters. The chlorophyll-a varied seasonally and the highest values were recorded in the dry months. The correlations showed that the phytoplankton community was mainly influenced by the variables temperature, pH, electrical conductivity, total dissolved solids, redox potential, nitrate, total phosphorus and chlorophyll-a.

**Keywords:** Diversity, Plankton, Zygnematomyxaceae, Amazon.

## 1. Introdução

O Parque Estadual do Charapucu, localizado no município de Afuá, foi criado com o objetivo de garantir a preservação dos ecossistemas naturais e da beleza paisagística, bem como a realização de pesquisas científicas, o desenvolvimento do turismo ecológico e da educação ambiental (PARÁ, 2014). Encontra-se inserido na ilha do Marajó, Estado do Pará, sendo considerado o maior arquipélago fluvio-marítimo do mundo, com 49.606 Km<sup>2</sup>, e uma das mais ricas regiões do Brasil em termos de recursos hídricos e biológicos (BRASIL, 2007). O movimento sazonal e diário das águas é o principal elemento definidor da paisagem da região, onde se destacam as várzeas e os igapós. as várzeas e os igapós.

Neste contexto, os rios de águas brancas e pretas, característicos da região, abrigam o fitoplâncton, assembléias de organismos microscópicos, em sua maioria fotoautotróficos, responsáveis pela produção primária destes ecossistemas. Os mecanismos que interferem na distribuição espacial e temporal destes organismos são importantes para a compreensão adequada da estrutura dessa comunidade, bem como de sua dinâmica.

Trabalhos sobre o fitoplâncton no Estado do Pará são escassos diante da extensa malha hidrográfica da região, sendo em sua maioria realizados em rios de águas brancas (MOREIRA-FILHO et al., 1974; PAIVA et al., 2006; COSTA et al., 2009; MONTEIRO et al., 2009); águas estuarinas

(SANTANA et al., 2006; SOUSA et al., 2008; 2009; SANTANA et al., 2010; COSTA et al., 2011; MATOS et al., 2012) e lacustres (MARTINS- DA- SILVA, 2007; COSTA et al., 2010).

Assim, não há registro sobre o estudo da comunidade fitoplancônica no Parque Estadual do Charapucu, porém informações sobre a ecologia e estrutura das assembléias fitoplancônicas relacionadas às características físico-químicas da água são relevantes para subsidiar planos de manejo em unidades de conservação, pois as flutuações temporais e espaciais na composição algal podem ser indicadores eficientes das alterações naturais ou antrópicas nos ecossistemas aquáticos.

Desta forma, este estudo objetiva conhecer a diversidade do fitoplâncton correlacionando com os fatores físico-químicos da água dos rios que margeiam e cortam o Parque Estadual do Charapucu durante dois períodos sazonais, contribuindo para o aumento de informações e conhecimentos destas assembleias dentro da dinâmica ambiental amazônica.

## 2. Material e Métodos

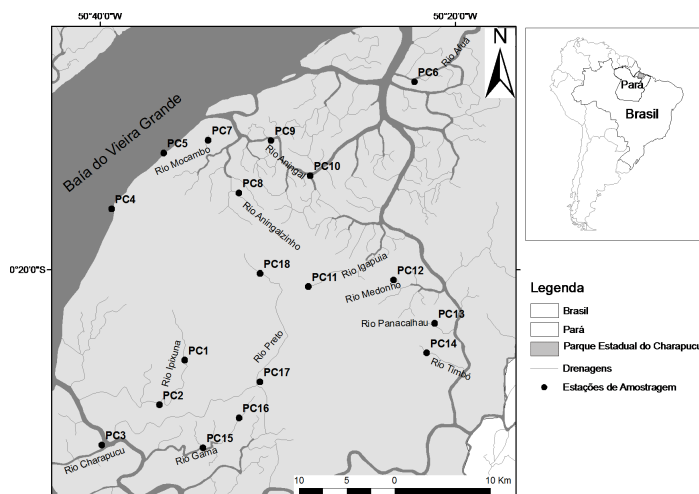
O Parque Estadual do Charapucu foi criado em 2010 pelo Decreto Estadual N° 2.592 em uma área de 65.181,84 hectares localizada na área rural do município de Afuá, Estado do Pará. O município de Afuá está situado ao Norte do Marajó, na Microrregião dos Furos de Breves, limitando-se ao Norte e Oeste com o Estado do Amapá, a Nordeste com o município de Chaves, ao Sul com os municípios de Anajás e Breves (IDESP, 2013).

A área do Parque Estadual do Charapucu é composta predominantemente por florestas de várzeas e igapós, que são recortados por uma imensa rede de lagos de águas doces, igarapés, rios de águas brancas e de águas pretas, cujas nascentes se encontram dentro dos limites do Parque (SEMA, 2014). É importante destacar a Baía do Vieira Grande e o rio Charapucu, os quais circundam praticamente por toda a ilha (IDESP, 2013).

O clima da região é equatorial úmido, com temperatura oscilando entre 18°C e 36°C (IDESP, 2013). A precipitação média anual varia de 2300 a 2800 mm, sendo possível observar a variação sazonal em uma estação mais chuvosa que se estende dos meses de dezembro a julho e uma menos chuvosa entre os meses de agosto e novembro (MORAES et al., 2005).

Na área de estudo foram realizadas coletas de água para determinar suas características físico-químicas, bem como a biodiversidade e biomassa fitoplancônica.

As coletas foram realizadas nos meses de maio e outubro de 2013, representando os períodos de maior (mês chuvoso) e menor (mês seco) precipitação pluviométrica, respectivamente, em 18 estações de coleta distribuídas ao longo do Parque. Destas estações nove localizam-se em rios de águas pretas (PC 1, 2, 11, 12, 13, 14, 16, 17 e 18) e nove estações em rios de águas brancas (PC 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 e 15), nas seguintes drenagens: PC1 e PC2 - rio Ipixuna; PC3- rio Charapucu; PC4 e PC5- Baía do Vieira Grande; PC6- rio Afuá; PC7- rio Mocambo; PC8- rio Aningalzinho; PC9 e PC 10- rio Aningal; PC11- rio Igapuia, PC12- rio Medonho; PC13- rio Panacalhau; PC14- rio Timbó; PC15- rio Gama próximo ao rio Charapucu; PC16- nascente do rio Gama; PC17 e PC18 - rio Preto (Figura 1).



**Figura 1.** Mapa da área de estudo evidenciando as estações de coleta no Parque Estadual do Charapucu (Afuá, Arquipélago do Marajó, Pará, Brasil). Fonte: Paulo Trindade (2014). / **Figure 1.** Map of the study area showing sampling stations in the Charapucu State Park (Afuá, Archipelago of Marajo, Para, Brazil). Source: Paulo Trindade (2014).

Os parâmetros físico-químicos, pH, Temperatura, Sólidos Totais Dissolvidos (STD), Potencial de Oxidação-Redução (ORP), Oxigênio Dissolvido (OD) e Condutividade Elétrica (CE) foram quantificados com o auxílio de uma sonda multiparamétrica (HI-769828, HANNA®). Já as variáveis, Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), Nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) e Sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) foram determinadas pelo Sistema de Cromatografia de Íons (CI) (ICS 2000 DUAL - THERMO SCIENTIFIC/DIONEX, USA). As concentrações de Fósforo total foram analisadas através da técnica de Espectrometria de Emissão ótica com Plasma Induzido (ICP OES) (iCAP 6000 - THERMO SCIENTIFIC).

Os parâmetros turbidez e sólidos totais em suspensão (STS) foram determinados por Espectrofotometria de UV-VIS (DR-2010 - HACH). E por fim, a transparência da água foi mensurada com utilização do disco de Secchi.

As amostras destinadas ao estudo qualitativo do fitoplâncton foram obtidas com o auxílio de rede de plâncton com malha de 45  $\mu\text{m}$ , visto que as águas possuem muito sedimento, de abertura e fixadas em solução de *Transeau* (BICUDO e MENEZES, 2006). Em laboratório, estas foram analisadas em microscópio óptico trinocular acoplado a um sistema de captura de imagem (AxiocamMRc).

A classificação dos táxons foi baseada em Bicudo e Menezes (2006), Komárek e Anagnostidis (1989, 1999 e 2005) e Round et al. (1990), exceto para as espécies *Dolichospermum circinalis* (Rabenhorst ex Bornet et Flahault) Walcklin, Hoffmann e Komárek 2009, *Stauridium tetras* (Ehrenberg) Hegewald 2005, as quais foram classificadas de acordo com Walcklin et al. 2009 e Rodrigues et al. (2010), respectivamente.

As amostras para a determinação da densidade fitoplancônica ( $\text{org.mL}^{-1}$ ) e a biomassa fitoplancônica (clorofila-a) foram obtidas através de coleta direta na sub-superfície da água e fixadas em solução de lugol acético (5%) e gelo, respectivamente. As análises quantitativas foram realizadas segundo a técnica de Uthermöhl (1958), já a clorofila-a foi analisada através do espectrofotômetro marca Hanna, modelo D2000, seguindo o método de Parsons e Strickland (1963).

Foi calculada a frequência de ocorrência e os táxons foram classificados conforme Mateucci e Colma (1982). A

abundância relativa de cada táxon foi calculada utilizando a fórmula:  $A = N \times 100 / n$  onde, N = número de espécies na amostra; n = número total de espécies na amostra, sendo estabelecidas as seguintes categorias: dominantes para valores acima de 50% do número total de indivíduos da espécie em uma amostra e abundantes para os valores superiores à média do número total de indivíduos em uma amostra (LOBO e LEIGHTON, 1986).

A diversidade das espécies foi baseada no índice de Shannon (1948) e a equitabilidade segundo Pielou (1977).

A influência dos meses (sazonal) e dos diferentes tipos de água, nos fatores físico-químicos, na densidade e na biomassa fitoplanctônica foi testada separadamente usando o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, enquanto que a influência dos meses (sazonal) e dos diferentes tipos de água, na riqueza, na diversidade e equitabilidade foi testada usando o teste paramétrico da análise de variância unifatorial (ANOVA), o nível de significância utilizado foi de 5%. Para correlacionar a densidade da comunidade fitoplanctônica em relação aos diferentes fatores físico-químicos analisados foi realizada a análise de correlação de Spearman (r).

### 3. Resultados

#### Variáveis ambientais

No Parque Estadual do Charapucu a temperatura, o pH, a condutividade elétrica (CE) e os sólidos totais dissolvidos (STD) apresentaram diferença significativa ( $p < 0,05$ ) sazonal e entre os tipos de águas, com os maiores valores observados durante o mês seco e águas brancas (Tabela 1).

A temperatura variou de  $26,37 \pm 0,13$  °C em águas pretas (mês chuvoso) a  $29,31 \pm 0,21$  °C em águas brancas (mês seco), o valor do pH se manteve com caráter levemente ácido nas duas amostragens e oscilou entre  $5,30 \pm 0,34$  em águas pretas (mês chuvoso) e  $6,83 \pm 0,09$  em águas brancas (mês seco). A CE apresentou valor mínimo de  $21,11 \pm 1,38$   $\mu\text{S}/\text{cm}^3$  em águas pretas (mês chuvoso) e máximo de  $43,13 \pm 1,01$   $\mu\text{S}/\text{cm}^3$  em águas brancas (mês seco) e os STD variaram de  $10,56 \pm 0,67$  mg/L em águas pretas (mês chuvoso) a  $25,94 \pm 0,63$  mg/L em águas brancas (mês seco).

A turbidez também apresentou diferença significativa ( $p < 0,05$ ) sazonal e entre os tipos de águas, porém os maiores valores foram observados durante o mês chuvoso e águas brancas, oscilando entre  $27,89 \pm 2,48$  UNT em águas pretas (mês seco) a  $58,26 \pm 5,09$  UNT em águas brancas (mês chuvoso). (Unidade Nefelométrica de Turbidez)

O ORP teve um comportamento sazonal significativo ( $p < 0,05$ ), apresentando um ambiente levemente oxidante durante o período chuvoso, variando de  $25,07 \pm 21,68$ ,  $34,79 \pm 11,94$  em águas pretas e brancas, respectivamente. Já no período considerado como seco, o ORP foi predominantemente redutor tanto em águas pretas como brancas,  $-298,08 \pm 11,93$  e  $-439,63 \pm 108,66$ , respectivamente (Tabela 1).

As variáveis transparência, STS e OD apresentaram diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os tipos de águas, sendo as mais altas transparências observadas em águas pretas, onde os valores encontrados foram  $43,89 \pm 4,06$  em águas brancas (mês chuvoso) e  $118,89 \pm 16,11$  em águas pretas (mês seco). Já os parâmetros STS e OD registraram valores mínimos, respectivamente, de  $3,24 \pm 0,99$  mg/L e  $3,31 \pm 0,33$  mg/L, em águas pretas, mês seco e máximo de  $36,78 \pm 5,01$  mg/L (águas brancas, mês chuvoso) e  $5,61 \pm 0,36$  mg/L (águas brancas, mês seco) (Tabela 1).

Com relação aos íons, o  $\text{SO}_4^{2-}$  foi o único que apresentou diferença significativa ( $p < 0,05$ ) sazonal e entre os tipos de águas, seus valores variaram de  $0,56 \pm 0,18$  mg/L em águas pretas e  $0,56 \pm 0,24$  mg/L a  $1,22 \pm 0,07$  mg/L em águas brancas período seco e chuvoso, respectivamente.

O  $\text{NO}_3^-$  e o P total apresentaram somente diferença sazonal significativa ( $p < 0,05$ ), as maiores concentração destes íons foram registradas no mês chuvoso e seco, respectivamente. O valor mínimo de  $\text{NO}_3^-$  foi de  $0,01 \pm 0,003$  mg/L em águas pretas e  $0,01 \pm 0,01$  mg/L em águas brancas (mês seco) a  $0,34 \pm 0,08$  mg/L em águas brancas (mês chuvoso). O P total oscilou de  $0,03 \pm 0,01$  mg/L em águas pretas (mês chuvoso) a  $0,10 \pm 0,02$  mg/L em águas brancas (mês seco).

O íon  $\text{NO}_2^-$  foi o único que não apresentou diferenças significativas sazonais e entre os tipos de águas. Seus valores variam de  $0,0002 \pm 0,00$  mg/L em águas brancas (mês seco) a  $0,02 \pm 0,01$  mg/L em águas brancas (mês chuvoso) (Tabela 1).

**Tabela 1.** Valores de média, mediana e erro padrão das variáveis físico-químicas das drenagens do Parque Estadual do Charapucu (Afuá, Arquipélago do Marajó, Pará, Brasil), nos meses de maio (mês chuvoso) e outubro (mês seco) de 2013. / **Table 1.** Mean values, median and standard error of physicochemical variables of the drainages of the Charapucu State Park (Afuá, Marajó archipelago, Pará, Brazil), in May (rainy months) and October (dry month) 2013.

	Mês Chuvoso						Mês Seco					
	Água Preta			Água Branca			Água Preta			Água Branca		
	Média	Med	Ep	Média	Med	Ep	Média	Med	Ep	Média	Med	Ep
Transparência (cm)	70,56	65,00	6,99	46,67	40,00	8,33	118,89	110,00	16,11	43,89	50,00	4,06
Temperatura °C	26,37	26,40	0,13	28,25	28,51	0,32	27,26	27,60	0,32	29,31	29,40	0,21
pH	5,30	5,70	0,34	6,23	6,24	0,11	5,90	6,18	0,23	6,83	6,87	0,09
CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}^3$ )	21,11	21,00	1,38	33,22	34,00	0,74	28,91	33,00	2,39	43,13	43,60	1,01
STD (mg/L)	10,56	10,00	0,67	16,56	17,00	0,47	17,98	20,10	1,39	25,94	26,70	0,63
STS (mg/L)	7,12	7,00	1,47	36,78	40,50	5,01	3,24	2,50	0,99	30,89	31,00	4,69
Turbidez	36,82	37,30	1,63	58,26	59,25	5,09	27,89	29,00	2,48	49,22	47,00	6,86
OD (mg/L)	3,39	3,44	0,21	4,11	4,06	0,08	3,31	3,49	0,33	5,61	5,65	0,36
ORP	25,07	-2,70	21,68	34,79	43,00	11,94	-298,08	-296,70	11,93	-439,63	-325,30	108,66
$\text{NO}_3^-$ (mg/L)	0,32	0,27	0,07	0,34	0,29	0,08	0,01	0,01	0,003	0,01	0,004	0,01
$\text{NO}_2^-$ (mg/L)	0,005	0,0002	0,003	0,02	0,0002	0,01	0,002	0,002	0,001	0,0002	0,0002	0,00
$\text{SO}_4^{2-}$ (mg/L)	0,65	0,69	0,08	1,22	1,21	0,07	0,56	1,00	0,18	0,56	0,002	0,24
P Total (mg/L)	0,03	0,001	0,01	0,04	0,00	0,01	0,05	0,05	0,01	0,10	0,07	0,02

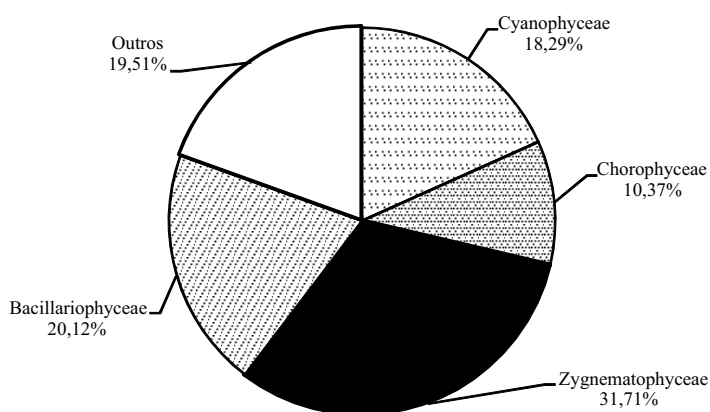
Legenda: Med (Mediana); Ep (Erro padrão); STD (Sólidos Totais Dissolvidos); STS (Sólidos Totais em Suspensão); ORP (Potencial de oxi-redução).



### Composição da comunidade fitoplanctônica

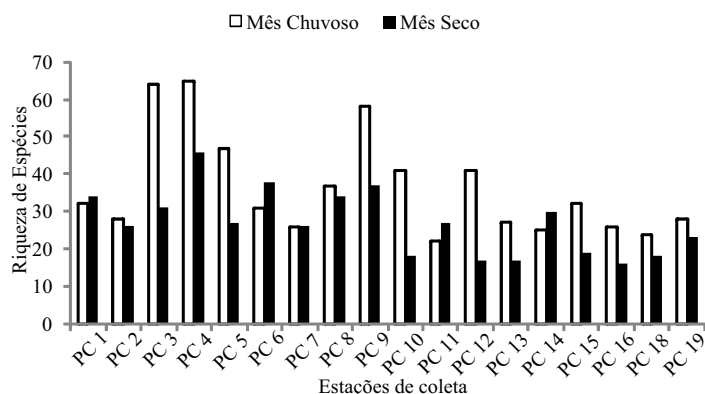
A comunidade fitoplanctônica do Parque Estadual do Charapucu esteve representada por 164 espécies, distribuídas em 13 classes, 49 famílias e 97 gêneros (Figura 2). As classes: Dinophyceae (1 spp.), Ulvophyceae (1 spp.), Cryptophyceae (2 spp.), Chrysophyceae (2 spp.), Chlamydomonadophyceae (2 spp.), Trebouxiophyceae (3 spp.), Fragilariophyceae (4 spp.), Euglenophyceae (6 spp.) e Coscinodiscophyceae (11 spp.) por sua baixa diversidade foram agrupadas na categoria "Outros".

A classe mais representativa foi a Zygnematophyceae com 52 espécies, destacando a família Desmidiaceae (47 spp.). Já a classe Bacillariophyceae foi representada por 33 táxons e enquanto que a classe Cyanophyceae 30 spp. e Chlorophyceae por 17 spp.



**Figura 2.** Distribuição percentual das principais classes da comunidade fitoplanctônica do Parque Estadual do Charapucu (Afuá, Arquipélago do Marajó, Pará, Brasil) nos meses de maio (mês chuvoso) e outubro (mês seco) de 2013. / **Figure 2.** Percentage distribution of major classes of phytoplankton community of the Charapucu State Park (Afuá, Marajó archipelago, Pará, Brazil) in May (rainy months) and October (dry months) 2013.

Avaliando-se a riqueza de espécies, não houve diferença significativa entre os períodos sazonais ( $F=0,77$ ;  $p>0,05$ ), embora o mês chuvoso tenha apresentado maior riqueza (138 spp.) que o mês seco (112 spp.). Entre os tipos de águas, observou-se variação significativa ( $F= 5,82$ ;  $p< 0,05$ ), onde os rios de águas brancas foram mais ricos (150 spp.) do que os rios de águas pretas (105 spp.) (Figura 3).



**Figura 3.** Riqueza de espécies fitoplanctônicas das águas do Parque Estadual do Charapucu (Afuá, Arquipélago do Marajó, Pará, Brasil) nos meses de maio (mês chuvoso) e outubro (mês seco) de 2013. / **Figure 3.** phytoplankton species richness of the waters of the State Park Charapucu (Afuá, Marajó archipelago, Pará, Brazil) in May (rainy months) and October (dry months) 2013.

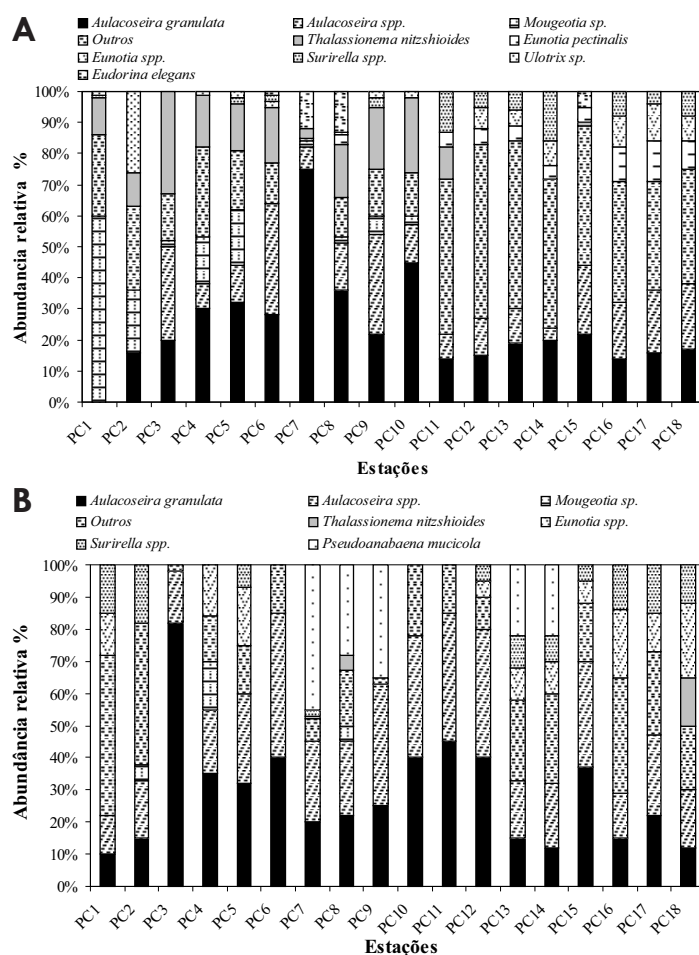
### Frequência de Ocorrência e Abundância Relativa

As águas do Parque Estadual do Charapucu foram

compostas essencialmente por espécies esporádicas, as quais estiveram presentes em 72% e 69% das estações de coleta nos meses chuvoso e seco, respectivamente. Os táxons *Cryptomonas ovata*, *Aulacoseira granulata*, *Aulacoseira* spp., *Surirella* spp. e *Pseudanabaena* spp. foram muito frequentes em ambos os períodos estudados.

Por outro lado, *Coscinodiscus* sp. foi muito frequente no mês chuvoso com 89 % de ocorrência, e as espécies *Eunotia* spp. e *Paralia sulcata* foram muito frequentes no mês seco, com 94 % e 75 % de ocorrência, respectivamente.

Com relação à abundância, os táxons *Aulacoseira granulata* e *Aulacoseira* spp. foram abundantes em todas as estações de coleta, dominando nas estações PC7 e PC3, respectivamente do meses chuvoso e seco. Os táxons *Mougeotia* sp., *Thalassionema nitzschioides*, *Ulothrix* sp. foram abundantes a dominantes em algumas estações do mês chuvoso e a espécie *Pseudanabaena mucicola* se destacou em quatro estações de coleta no mês seco, apresentando-se de forma abundante (Figura 4).



**Figura 4.** Variação da abundância relativa do fitoplâncton do Parque Estadual do Charapucu (Afuá, Arquipélago do Marajó, Pará, Brasil) nos meses de maio (mês chuvoso) e outubro (mês seco) de 2013: A- mês chuvoso e B- mês seco. / **Figure 4.** Variation of the relative abundance of phytoplankton of the Charapucu State Park (Afuá, Marajó archipelago, Pará, Brazil) in May (rainy months) and October (dry months) 2013: A- and B-month rainy month dry.

### Densidade fitoplanctônica

A densidade fitoplanctônica do Parque Estadual do Charapucu foi sazonalmente heterogênea ( $H=13,13$ ;  $p<0,05$ ), os maiores valores foram registrados em outubro (mês seco), com média de  $20,49 \pm 4,05$ , e os menores em maio (mês chuvoso), média de  $5,50 \pm 0,74$ .

No mês seco a classe que mais se destacou em termos de densidade foi Coscinodiscophyceae (57,19%), oscilando de zero org.mL<sup>-1</sup> (PC 14 e 18) a 46,10 org.mL<sup>-1</sup> (PC 5) com destaque para os gêneros *Aulacoseira* (84,92%) e *Paralia* (12,14%).

A 2ª classe mais representativa neste mês foi Cyanophyceae com 17,46%, com valores que variaram de 0,30 org.mL<sup>-1</sup> (PC 11) a 9,90 org.mL<sup>-1</sup> (PC 13). Os gêneros que mais contribuíram para a densidade total da classe foram *Pseudanabaena* (51,50%), *Phormidium* (16,62%) e *Dolichospermum* (11,68%).

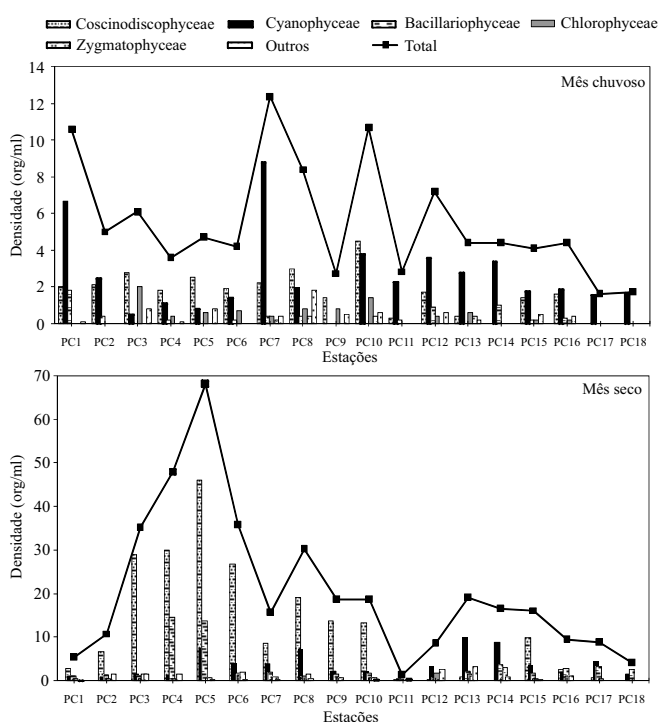
A 3ª classe mais representativa foi Bacillariophyceae com 15,43%, com valores que variaram de 0,20 org.mL<sup>-1</sup> (PC 11) a 14,60 org.mL<sup>-1</sup> (PC 4). *Surirella* (33,57%), *Eunotia* (29,53%) e *Caloneis* (9,14%) foram os gêneros que mais contribuíram para a densidade total desta classe.

Já durante o mês chuvoso foi composta principalmente de Cyanophyceae (47,17%), com densidades que variaram de zero org.mL<sup>-1</sup> (PC 9) a 8,80 org.mL<sup>-1</sup> (PC 7). Os gêneros que mais contribuíram para a densidade total da classe foram *Pseudanabaena* (51,18%), *Geitlerinema* (7,28%) e *Merismopedia* (5,57%).

Em seguida, a classe Coscinodiscophyceae contribuiu com 29,90%, a qual apresentou densidade que variou de zero org.mL<sup>-1</sup> (PC 14, 17 e 18) a 4,50 org.mL<sup>-1</sup> (PC 10) e os gêneros *Actinopychus* e *Aulacoseira* com 51,24% e 46,29% foram os que mais contribuíram com a densidade total, respectivamente.

A classe Chlorophyceae teve contribuição de 8,59%, com densidades que também variaram de zero org.mL<sup>-1</sup> (PC 1, 2, 11, 14, 17 e 18) a 2,00 org.mL<sup>-1</sup> (PC 3). Os gêneros que mais contribuíram para a densidade total da classe foram *Monoraphidium* (62,35%), *Ankistrodesmus* (25,88%), *Pediastrum* e *Scenedesmus* (4,71%).

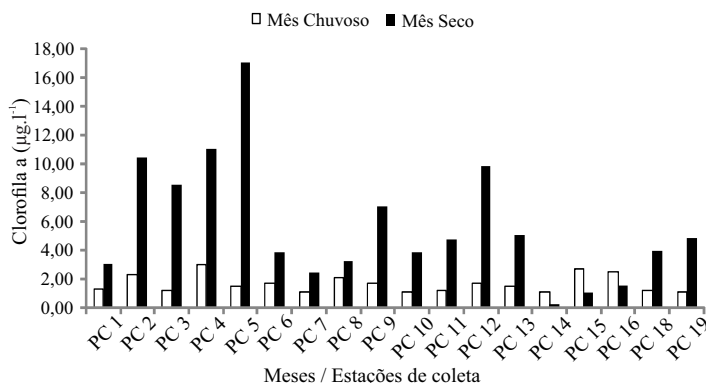
A densidade também variou entre os tipos de águas ( $F=$ ;  $p<0,005$ ), sendo os rios de água branca com densidade maior ( $17,82 \pm 3,89$  org.mL<sup>-1</sup>) que os rios de água preta ( $6,96 \pm 1,29$  org.mL<sup>-1</sup>).



**Figura 5.** Densidade fitoplanctônica (org.mL<sup>-1</sup>) das águas do Parque estadual do Charapucu (Afuá, Arquipélago do Marajó, Pará, Brasil) nos meses de maio e outubro de 2013. / **Figure 5.** Phytoplankton density (org.mL<sup>-1</sup>) of the waters of the State Park Charapucu (Afuá, Marajó archipelago, Pará, Brazil) in the months of May and October 2013.

#### Biomassa Fitoplanctônica (clorofila-a)

A clorofila-a variou sazonalmente ( $H=13,00$ ;  $p<0,05$ ), sendo os maiores valores registrados no mês seco (média=  $5,63 \pm 1,01$  µg.L<sup>-1</sup>) e os menores valores no mês chuvoso (média=  $1,64 \pm 0,15$  µg.L<sup>-1</sup>). As concentrações variaram entre 0,23 µg.L<sup>-1</sup> (PC 14, mês seco) a 17,06 µg.L<sup>-1</sup> (PC5, mês seco) (Figura 6). No entanto, não houve diferenças significativas desta variável em relação aos tipos de água.



**Figura 6.** Clorofila-a do Parque Estadual do Charapucu (Afuá, Arquipélago do Marajó, Pará, Brasil) nos meses de maio (mês chuvoso) e outubro (mês seco) de 2013. / **Figure 6.** Chlorophyll-a of the Charapucu State Park (Afuá, Marajó archipelago, Pará, Brazil) in May (rainy months) and October (dry months) 2013.

#### Diversidade e Equitabilidade

A diversidade ( $H'$ ) apresentou valor mínimo de 1,64 bits.cel<sup>-1</sup> (PC 11) e máximo de 3,42 bits.cel<sup>-1</sup> (PC 1), ambos no período chuvoso. Foi observada alta diversidade em 27,78%, diversidade média em 69,44% e baixa diversidade em 2,78% das amostras. Não houve diferença significativa desta variável em relação à sazonalidade e aos tipos de água.

Em relação à equitabilidade ( $J'$ ), o menor valor registrado foi de 0,58 (PC 9) e o maior foi de 0,98 no período seco. Sendo significativamente maior em maio (média=  $0,86 \pm 0,02$ ;  $F=11,04$ ;  $p<0,05$ ).

#### Coefficiente de correlação de Spearman

Uma correlação positiva entre a densidade fitoplanctônica e as variáveis temperatura ( $r_s= 0,57$ ), pH ( $r_s= 0,38$ ), condutividade elétrica ( $r_s= 0,58$ ), sólidos totais dissolvidos ( $r_s= 0,63$ ), potencial de oxi-redução ( $r_s= 0,21$ ) e clorofila-a ( $r_s= 0,34$ ) foi observada. Houve também uma correlação negativa entre a densidade e o nitrato ( $r_s= -0,38$ ) e o fósforo total ( $r_s= -0,08$ ).

#### 4. Discussão

A dinâmica das comunidades fitoplanctônicas é o resultado da interação dos fatores ambientais e biológicos, os quais dependem do clima da região, da hidrologia do ambiente, das ações antrópicas, dos processos intrínsecos da biologia da espécie, entre outras.

Neste contexto, cada grupo de organismos fitoplanctônicos possui diferentes requerimentos fisiológicos e variam quanto as suas respostas aos parâmetros físicos e químicos do ambiente, como a luz, a temperatura e a disponibilidade de nutrientes. Desta forma, as populações fitoplanctônicas distribuem-se na coluna d'água segundo um gradiente espacial. Além disso, apresentam uma variação sazonal, na medida em que as

condições físicas, químicas e biológicas mudam no corpo d'água (WETZEL, 2001).

Nos rios que margeiam e cortam o Parque Estadual do Charapucu, a composição fitoplanctônica foi caracterizada pela classe Zygnematomyxaceae, destacando-se a família Desmidiaceae, sendo referida como representativa de ambientes de água doce e raramente salobra (ESTEVES, 2011).

Wehr e Sheat (2003) mencionam a importância da classe Zygnematomyxaceae para os ambientes aquáticos continentais, devido sua alta diversidade morfológica comparada aos demais grupos de algas verdes, sendo as desmídias contribuintes com cerca de 70% do número total das espécies de Zygnematomyxaceae. Para o Brasil foram listados 44 gêneros e 608 espécies (ARAUJO et al., 2014), destes, 20 gêneros e 39 espécies ocorreram no Parque do Charapucu. Costa et al. (2014) citam Zygnematomyxaceae como a classe mais diversificada de águas continentais do Estado do Pará, sendo a família Desmidiaceae a mais representativa.

Na área de estudo, o pH ligeiramente ácido (5,3 - 6,8) e a CE baixa (21- 43  $\mu\text{S. cm}^{-1}$ ) favoreceram o desenvolvimento das espécies de desmídias, uma vez que Sophia et al. (2005) mencionam estes fatores como importantes para a diversidade e riqueza destas algas.

Por outro lado, a diversidade das desmídias não é correspondida com a abundância destes indivíduos, pois foi observada a dominância das diatomáceas *Aulacoseira granulata* e *Aulacoseira* spp. (Bacillariophyceae), as quais foram muito frequentes e densas em todos os rios. A espécie *Aulacoseira granulata* tem sido referida como representativa do fitoplâncton amazônico, especialmente no estado do Pará, onde são frequentes nos rios de águas brancas da baía do Guajará (PAIVA et al., 2006), rio Guamá (COSTA, 2008; MONTEIRO et al., 2009), de ambientes lacustres (COSTA et al., 2010) e águas claras de corredeiras e remansos do rio Xingu (COSTA et al., 2009), sendo recentemente identificada uma nova espécie para o Estado, *Aulacoseira calypsi* Tremarin, Torgan e Ludwig (TREMARIN et al., 2013).

A dominância destas espécies se deve às características das águas da área de estudo, sobretudo dos rios de águas brancas, os quais apresentaram águas turvas e turbulentas, sendo esta última característica importante na manutenção das diatomáceas, pois reduzem suas taxas de sedimentação.

A sazonalidade exerceu influência na dinâmica fitoplanctônica do Parque Estadual do Charapucu através das diferentes condições físico-químicas estabelecidas nos dois meses de estudo.

O mês seco, por exemplo, apresentou condições climatológicas e físico-químicas favoráveis ao florescimento do fitoplâncton, tais como menor precipitação pluviométrica, maior transparência da água, pH levemente ácido, temperaturas mais elevadas e constantes, maior CE, maiores concentrações de STD e de P total que em conjunto promoveram elevadas densidades do fitoplâncton influenciando no aumento da concentração de clorofila-a.

Este comportamento sazonal da biomassa fitoplanctônica foi encontrado por Paiva et al. (2006), os quais sugerem a influência do binômio chuva-material em suspensão como fator determinante na variação da densidade fitoplanctônica da baía do Guajará (Estado do Pará). Assim, o maior aporte fluvial gerado pelas chuvas contribuiu para a redução da

penetração da luz solar no ambiente inibindo o desenvolvimento do fitoplâncton.

Entretanto, neste mesmo ambiente, Costa (2008) identificou o efeito contrário das chuvas, atuando como diluidora do material em suspensão aumentando a transparência da água e promovendo o crescimento do fitoplâncton no período chuvoso. No presente estudo, além da transparência e material em suspensão outros fatores físico-químicos, mencionados anteriormente, influenciaram na dinâmica fitoplanctônica do Parque Estadual do Charapucu.

A CE é determinada pela presença de íons que conferem à água a capacidade de transmitir corrente elétrica. Os ânions  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$  e  $\text{SO}_4^{2-}$  podem compor estes íons. Entretanto, estes nutrientes apresentaram baixas concentrações no mês seco devido seu consumo pelo fitoplâncton. Neste sentido, os nutrientes promoveram a multiplicação destes organismos.

É importante ressaltar que o aumento da CE no mês seco se deve a presença de outros íons não apresentados neste estudo, tais como cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ), potássio ( $\text{K}^+$ ), sódio ( $\text{Na}^+$ ), carbonato ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) e cloreto ( $\text{Cl}^-$ ) são reconhecidos por exercerem maior influência na CE do que os íons  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{NO}_2^-$  (ESTEVES et al., 2011). Pode relacionar a presença destes nutrientes ao teor de STD que também indica o teor de íons em solução na água e mensurar a presença de sais orgânicos e matéria orgânica dissolvida (COLE, 1994). No presente estudo, a análise de Spearman correlacionou diretamente estas duas variáveis.

No período chuvoso foi observado que o potencial redox ficou positivo, caráter oxidante, esta característica favorece a uma maior disponibilidade de elétrons e de moléculas inorgânicas oxidadas, possibilitando a absorção de compostos inorgânicos pelos organismos, sendo as cianofíceas, neste estudo, as mais beneficiadas por nutrientes. Entretanto, esta condição não favoreceu o crescimento do fitoplâncton total, uma vez que a densidade foi mais elevada no período seco. Neste sentido, outros fatores físico-químicos foram limitantes ao crescimento algal neste período, tais como a transparência e o STD.

Este estudo ainda mostrou uma diferença marcante na comunidade fitoplanctônica entre os tipos de águas, sendo os rios de águas brancas mais ricos em espécies e com maior densidade fitoplanctônica do que os rios de águas pretas. A composição destes rios foi marcada por Bacillariophyceae e Coscinodiscophyceae principalmente dos gêneros *Aulacoseira*, *Cyclotella*, *Eunotia* e *Pinnularia* reconhecidas como diatomáceas dulciaquícolas (WENGRAT et al., 2008).

Entretanto, principalmente durante o período seco, foi registrada a espécie marinha *Thalassionema nitzschioides* (ROUND et al., 1990; LEÃO et al., 2008) nos pontos situados na baía do Vieira Grande e rio Afuá, evidenciando forte influência da foz do rio Amazonas sobre estes rios.

No geral, os mesmos fatores físico-químicos que promoveram o florescimento do fitoplâncton do mês seco contribuíram para este florescimento nos rios de águas brancas. Já os rios de águas pretas apresentaram as classes Chlorophyceae e Cyanophyceae como mais representativas, por apresentarem águas mais ácidas, oxidantes, transparentes e menos turvas. No entanto, vale mencionar a presença de espécie de cianobactérias potencialmente tóxicas (NOGUEIRA et al., 2011), tais como *Microcystis aeruginosa*, *Microcystis wesenbergii*, *Dolichospermum spiroides* e *Oscillatoria limosa*,



evidenciando a necessidade de estudos específicos para acompanhar a dinâmica destas cianobactérias nas águas da ilha do Marajó, uma vez que os rios são os principais recursos dos ribeirinhos estando presentes em diversas atividades de contato primário e secundário.

## 5. Conclusão

A dinâmica do fitoplâncton do Parque Estadual do Charapucu foi influenciada pela sazonalidade, sendo o mês seco mais favorável ao crescimento destes organismos através das condições físico-químicas e ambientais apresentados neste período. A transparência, a CE, o pH, a temperatura, os STD e STS estão entre os fatores físico-químicos que mais influenciaram na variação da biomassa fitoplancônica. A biodiversidade foi composta por 164 espécies, sendo as desmídias mais representativas em riqueza de espécies e as diatomáceas mais abundantes e densas na área de estudo.

Este trabalho é pioneiro para o arquipélago do Marajó com o reconhecimento da biodiversidade fitoplancônica, importante para compor o plano de manejo do Parque Estadual do Charapucu.

## 6. Agradecimentos

À Secretaria de Meio Ambiente (SEMA), ao Batalhão de Policiamento Ambiental (BPA) e ao Instituto Evandro Chagas.

## 7. Referências Bibliográficas

- ARAÚJO, A. de; OLIVEIRA, I. B.; PERES, C. K.; FAJAR, A.; MOURA, C. W. N. *Zygnematophyceae* in **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. 2014. Disponível em: <http://www.floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB119508> (Acessado em: 18/11/2014).
- BICUDO, C. E. M.; MENEZES, M. (org.). **Gêneros de Algas de Águas Continentais do Brasil**. 2ª edição. São Carlos: Rima, 2006. 502p.
- BRASIL. GOVERNO FEDERAL, GOVERNO DO ESTADO DO PARÁ. **Plano de desenvolvimento territorial sustentável do arquipélago do Marajó**. Brasília, DF: Presidência da República – Casa Civil; Belém, PA: Secretaria de Estado de Integração Regional, 2007. 296p.
- COLE, G. **Textbook of Limnology**. Saint Louis: The C. V. Mosby, 1994. 283p.
- COSTA, S. D.; MARTINS-DA-SILVA, R. C. V.; BICUDO, C. E. M.; BARROS, K. D. N.; OLIVEIRA, M. E. C. **Algas e Cianobactérias Continentais no Estado do Pará, Brasil**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2014. 351p.
- COSTA, V. B.; SOUSA, E. B.; PINHEIRO, S. C. C.; PEREIRA, L. C. C.; COSTA, R. A. A. M. Effects of high energy coastal environment on the structure and dynamics of phytoplankton communities (Brazilian Amazon littoral). **Journal of Coastal Research**, v. 64, p. 354-358, 2011.
- COSTA, V. B.; SOUZA, L. R.; SENA, B. A.; COSTA, S. D.; BEZERRA, M. F. C.; NAKAYAMA, L. Microfitoplâncton do Lago Água Preta, Parque Ambiental de Belém (Pará, Brasil), durante o período chuvoso. **Uakari**, v. 6, n.1, p. 75-86, 2010.
- COSTA, V. B.; COSTA, S. D.; CAMARGO, M. As Algas. In: CAMARGO, M.; GHILARDI JR. (Eds.) **Entre a Terra, as Águas e os Pescadores do Médio Rio Xingu - Uma Abordagem Ecológica**. Belém: Eletronorte, 2009. p. 73 -115.
- COSTA, S. D. **Variação espaço-temporal do microfitoplâncton na Região da Foz do Rio Guamá (estuário amazônico)**, Belém – PA. 2008. 60 f. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal do Pará, Núcleo de Ciências Agrárias e Desenvolvimento Rural, Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Belém, 2008.
- ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. 826p.
- ESTEVES, F. A.; FIGUEIREDO-BARROS, M. P.; PETRUCIO, M. M. Principais Cátions e Ânions. In: ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. 790p.
- IDESP - INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO, SOCIAL E AMBIENTAL DO PARÁ. GOVERNO DO ESTADO DO PARÁ. SECRETARIA DE ESTADO DE PLANEJAMENTO, ORÇAMENTO E FINANÇAS. Estatística Municipal de Afuá. 2013. Disponível em: <http://www.idesp.pa.gov.br/paginas/produtos/EstatisticaMunicipal/pdf/Afua.pdf> (Acessado em: 5/4/2014).
- KOMÁREK, J.; ANAGNOSTIDIS, K. Modern Approach to the Classification System of Cyanophytes. 4: Nostocales. **Algological Studies**, v. 56, p. 247-345, 1989.
- KOMÁREK, J.; ANAGNOSTIDIS, K. **Cyanoprocaryota 1. Teil: Chroococcales**. In: Ettl, H.; Gartner, G.; Heynig, H.; Mollenhauer, D (eds), *Süßwasserflora Von Mitteleuropa Band 19/1*. Stuttgart: Gustav Fisher, 1999. 548p.
- KOMÁREK, J.; ANAGNOSTIDIS, K. **Cyanoprokaryota 2. Teil/ 2nd Part: Oscillatoriales**. In: Büdel B.; Krienitz L.; Gärtner G.; Schagerl M. (eds), *Süßwasserflora Von Mitteleuropa 19/2*. Heidelberg: Elsevier/Spektrum, 2005. 759p.
- LEÃO, B. M.; PASSAVANTE, J. Z. O.; SILVA-CUNHA, M. G. G.; SANTIAGO, M. F. Ecologia do Microfitoplâncton do estuário do rio Igarassu, PE Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 22, n. 3, p. 711-722, 2008.
- LOBO, E.; LEIGHTON, G. Estructuras Comunitarias de las Fitocenosis Planctónicas de los Sistemas de Desembocaduras de Rios y Esteros de la Zona Central de Chile. **Revista Biología Marina**, v. 22, n. 1, p. 1-29, 1986.
- MARTINS-DA-SILVA, R. C. V.; BICUDO, C. E. M. Algas planctônicas (exclusivo Diatomaceae) do lago Água Preta, município de Belém, estado do Pará. In: GOMES, J. I.; MARTINS, M.; MARTINS-DA-SILVA, R. C. V.; ALMEIDA, S. (Org.). **Mocambo: Diversidade e dinâmica biológica da área de pesquisa ecológica do Guamá (APEG)**. Belém: Embrapa/MG, p. 175-249, 2007.
- MATEUCCI, S. D.; COLMA, A. La Metodología para el Estudio de la Vegetación. **Coleccion de Monografías Científicas. Série Biología**, v. 22, n. 1, p. 1-168, 1982.
- MATOS, J. B.; SILVA, N. I. S. da; PEREIRA, L. C. C.; COSTA, R. M. DA. Caracterização quali-quantitativa do fitoplâncton da zona de arrebentação de uma praia amazônica. **Acta Botanica Brasilica**, v. 26, p. 979-990, 2012.
- MONTEIRO, M. D. R.; MELO, N. F. A. C.; ALVES, M. A. M. S.; PAIVA, R. S. Composição e distribuição do microfitoplâncton do rio Guamá no trecho entre Belém e São Miguel do Guamá, Pará, Brasil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais**, v. 4, n. 3, p. 341-351, 2009.
- MORAES, B. C.; COSTA, J. M. N.; COSTA, A. C. L.; COSTA, M. H. Variação Espacial e Temporal da Precipitação no Estado do Pará. **Acta Amazonica**, v. 35, n. 2, p. 207-214. 2005.
- MOREIRA-FILHO, H.; VALENTE-MOREIRA, I. M.; TRIPPIA-CECY, I. I. Diatomáceas do Rio Guamá, Foz do rio - Belém - Estado do Pará. **Leandra**, v. 3/4, n. 4/5, p. 123-136, 1974.
- NOGUEIRA, I.; GAMA JÚNIOR, W. A.; D'ALESSANDRO, E. B. Cianobactérias planctônicas de um lago artificial urbano na cidade de Goiânia, GO. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 34 n. 4, 2011.
- PAIVA, R. S.; ESKINAZI-LEÇA, E.; PASSAVANTE, J. Z. O. SILVA-CUNHA, M. G. G.; MELO, N. F. A. C. Considerações ecológicas sobre o fitoplâncton da baía do Guajará e foz do rio Guamá, Pará, Brasil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais**, v. 1, n. 2, p. 133-146, 2006.
- PARÁ. GOVERNO DO ESTADO DO PARÁ. SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE-SEMA. 2014. Parque Estadual do Charapucu. Disponível em: <http://www.sema.pa.gov.br/diretorias/areas-protegidas/parque-estadual-do-charapucu/apresentacao/> (Acessado em: 20/12/2014).
- PARSONS, T. R.; STRICKLAND, J. D. H. Discussion of Spectrophotometric Determination of Marine Plankton Pigments with Revised Equations of Ascertaining Chlorophyll  $\alpha$  and Carotenoids. **Journal of Marine Research**, v. 21, n. 3, p. 155-163, 1963.
- PIELOU, E. C. **Mathematical ecology**. New York: Wiley, 1977. 385p.

- RODRIGUES, L. L.; SANT'ANNA, C. L.; TUCCI, A. Chlorophyceae das Represas Billings (Braço Taquacetuba) e Guarapiranga, SP, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 31, p. 1-15, 2010.
- ROUND, F. E.; CRAWFORD, R. M.; MANN, D. G. **The Diatoms: Biology and Morphology of the Genera**. Cambridge, University Press, 1990. 747 p.
- SANTANA, D. S.; PAIVA, R. S.; PEREIRA, L. C. C.; COSTA, R. M. da. Microphytoplankton of the Marapanim Estuary (Pará, Northern Brazil). **Tropical Oceanography**, v. 38, n. 2, p. 152-163, 2010.
- SANTANA, D. S.; PAIVA, R. S.; MELO, N. F. A. C. de. Diatomáceas Cêntricas da Região Entre-marés da Praia de Ajuruteua (Bragança-Pará). **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, v. 1, n.3, p. 149-156, 2006.
- SEMA. Parque Estadual do Charapucu. Disponível em: <http://www.sema.pa.gov.br/diretorias/areas-protegidas/parque-estadual-do-charapucu/> (Acessado em: 5/4/2014).
- SHANNON, C. E. A Mathematical Theory of Communication. **Bulletin of System Tecnology Journal**, v. 27, p. 379-423, 1948.
- SOPHIA, M. G.; DIAS, I. C. A.; ARAÚJO, A. M. Chlorophyceae and Zygnematophyceae from the Turvo State Forest Park, state of Rio Grande do Sul, Brazil. **Iheringia**, v. 60, n. 1, p. 25-47, 2005.
- SOUSA, E. B.; COSTA, V. B.; PEREIRA, L. C. C.; COSTA, R. M. D. A. Variação temporal do fitoplâncton e dos parâmetros hidrológicos da zona de arrebentação da Ilha Canela (Bragança-Pará-Brasil). **Acta Botanica Brasilica**, v. 23, p. 1084-1095, 2009.
- SOUSA, E. B.; COSTA, V. B.; PEREIRA, L. C. C.; COSTA, R. A. A. M. Microfitoplâncton de águas costeiras amazônicas: Ilha Canela (Bragança, PA, Brasil). **Acta Botanica Brasilica**, v. 22, p. 626-636, 2008.
- TREMARIN, P. I.; PAIVA, R. S.; LUDWIG, T. V.; TORGAN, L. C. *Aulacoseira calypsi* sp. nov. (Coscinodiscophyceae) from an Amazonian lake, northern Brazil. **Phycological Research**, v.61, p. 292-298, 2013.
- UTHERMÖHL, H. Zur Vervollkommung der Quantitativen Phytoplankton-Methodik. **Mitteilungen Internationale Vereinigung fuer Theoretische und Angewandte Limnologie**, v. 9, p. 1-38, 1958.
- WACKLIN, P.; HOFFMANN, L.; KOMÁREK, J. Nomenclatural validation of the genetically revised cyanobacterial genus *Dolichospermum* (Ralfs ex Bornet et Flahault) comb. Nova. **Fottea**, v. 9, n. 1, p. 59-64, 2009.
- WEHR, J. D.; SHEAT, R. G. **Freshwater Algae of North America**. Ecology and Classification. New York: Academic Press, 2003.
- WENGRAT, S.; TAVARES, B.; SILVA, A. M. Gêneros de Diatomáceas (Ochrophyta) Dulciaquícolas do Oeste do Estado do Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 6, n. 1, p. 5-7, 2008.
- WETZEL, R. G. **Limnology: Lake and River Ecosystems**. San Diego: Academic Press, 2001. 1006 p.